

肝・胆・膵腫瘍の診断：マルチスライス CT を中心に

金 東石, 村上卓道, 堀 雅敏, 中村仁信

大阪大学大学院医学系研究科医用制御工学講座画像応用治療分野

はじめに

肝・胆・膵腫瘍の診断における画像診断の役割は病変の検出・質的診断・進行度診断の三つであり、そこでは CT と MRI が重要な位置を占めている。CT では高速撮像ができるヘリカル CT の出現により肝・胆・膵腫瘍の診断が向上したが、マルチスライスの出現によりさらに高速に薄いスライス厚で広範囲を撮影できるようになり、肝・胆・膵腫瘍の診断能の向上だけでなく、血管造影の代用となり得る CT angiography などの三次元画像の進歩により外科手術前検査法としての位置を確立している。MRI もヘリカル CT の出現とほぼ同時期に高速スピン・エコー法や上腹部を一回の呼吸停止の間にカバーできるマルチスライスのグラディエント・エコー法が開発され、さらに MR cholangiopancreatography (MRCP), そして最近では超常磁性体酸化鉄 (superparamagnetic iron oxide, SPIO) などの肝特異性造影剤の臨床応用と進歩してきた。

一般的事項として、MRI の CT に対する利点は X 線被曝がないこと、造影剤の副作用が少ないことなどがあるが、逆に検査時間が長いことが MRI の欠点であり、こなせる検査数は圧倒的に CT の方が多い。また CT では高速化

により胸部から腹部・骨盤を一回で検査を行えるようになっており、上腹部のみでなく広範囲の転移性病変を同時に評価できる。CT と MRI の使い分けについては、当然 CT・MRI 装置の機種や可能検査数、検査依頼科からの要求などの各施設の状況によって異なってくる。また肝・胆・膵腫瘍の診断では超音波検査が非侵襲的かつ簡便なスクリーニング法として活用されており、さらに最近では¹⁸Fフルオロデオキシグルコース (FDG) を用いた positron emission tomography (FDG-PET) の臨床応用が始まっている。本稿ではマルチスライス CT による肝・胆・膵腫瘍の診断の現状を主に MRI, さらに超音波検査, PET と比較しながら述べる。

肝腫瘍の診断

1. 転移性肝腫瘍の診断

CT による転移性肝腫瘍の診断能は、CT では転移性肝腫瘍と肝実施のコントラストが不良であること、小さい転移性腫瘍と嚢胞の鑑別も困難なことが多いことなどから MRI に比べると劣っている^{1),2)}。しかし、MRI に対する CT の利点は肝臓のみでなく、肝を含めて広範囲を同時に観察できることであり、原発病巣と肝転

この総説は、第 31 回日本磁気共鳴医学会大会シンポジウム「高速 MRI と MDCT：現状と今後の使い分け」での講演を中心にまとめたものである。

キーワード multi-slice CT, MRI, liver tumor, pancreas tumor, bile duct tumor

移を含む遠隔転移、リンパ節転移を同時に評価できることである。マルチスライス CT では広範囲を短時間で撮影できるようになったため、胸部から骨盤を一回の検査で撮影するといった CT 検査が増えつつあり、この点で CT の需要が減ることはない。また、Kinkel ら³⁾は消化管からの肝転移の検出能についての meta-analysis の結果、超音波、CT、MRI、PET の非侵襲的な検査法のうち、PET が最も肝転移の検出に優れると報告している。肝特異性造影剤を用いた MRI と PET との比較等、今後さらに検討されていくものと思われるが、PET は悪性腫瘍診断におけるリンパ節転移、遠隔転移、放射線治療や化学療法後の効果判定、再発の診断に有用性が言われており⁴⁾、肝のみでなく全身の転移性病変の検索が可能であり、今後臨床普及することが予想される。PET の問題点として空間分解能が劣り、PET のみの評価では解剖学的な評価が難しいことが挙げられるが、これに対して PET と CT の画像を重ね合わせて評価することにより、この欠点を補おうとされている⁴⁾。

2. 肝細胞癌の診断

肝細胞癌の診断においては、超音波検査はスクリーニング法として普及しており、CT・MRI は精査法として用いられることが多い。Teefey ら⁵⁾により移植肝における超音波、CT、MRI、PET の比較検討では、超音波、CT、MRI がほぼ同等の検出能であり、PET は有用ではなかったと報告されている。

肝細胞癌の診断の目的には CT では経静脈性造影による造影前、動脈相、門脈相又は平衡相の後期相からなる dynamic study (多相性撮影)が行われる⁶⁾。Dynamic study により肝臓全体での肝腫瘍の検出と質的診断が可能である。肝細胞癌の多くは hypervascular で、小肝細胞癌の検出および肝細胞癌の質的診断には動脈相が

最も重要である (Fig. 1)。Dynamic study は腫瘍による脈管侵襲の評価のためにも重要であり、肝細胞癌で多い門脈・肝静脈・胆管内腫瘍栓の検出のために必要である。また、dynamic study により肝血流の評価も行える。MRI でも肝細胞癌の診断のためには T₁、T₂ 強調像の撮影とともに CT と同様な細胞外液性ガドリニウム造影剤を用いた gradient echo 法による dynamic study が行われてきた⁷⁾。我々は CT と MRI による dynamic study による肝細胞癌の検出能の比較検討を行ってきたが、その結果では hypervascular な肝細胞癌については CT と MRI の検出能は同等と考えられる^{7)~9)}。Dynamic study により肝動脈塞栓療法やエタノール局注療法、ラジオ波焼灼術などによる治療後の肝細胞癌の局所再発も評価されるが、肝動脈塞栓療法後のリピオドールの貯留した肝細胞癌ではリピオドールによる影響のない MRI での評価が容易である。

CT 又は MRI での dynamic study と SPIO 造影 MRI による肝細胞癌の検出能の比較検討も行われてきている^{10)~12)}。肝細胞癌の検出には、dynamic MRI の方が SPIO 造影 MRI よりも優れているとの報告¹⁰⁾と、dynamic CT よりも SPIO 造影 MRI の方が優れているという報告^{11),12)}がある。また SPIO 造影 MRI は CT arteriography よりも優れるとの報告もある¹³⁾。その一方で、hypervascular な病変の検出も dynamic MRI よりも SPIO 造影 MRI の方が優れていたが SPIO 造影 MRI のみよりも dynamic MRI を合わせることで病変の検出と質的診断能が向上するとの報告もある¹⁴⁾。Dynamic study は血流に依存した検査法であるため、問題点として arterio-portal shunt などの血流異常により動脈相で結節状濃染が見られた場合の false-positive lesion¹⁵⁾ (Fig. 2)、そして広範囲に血流異常がある場合には診断が困

2004年1月5日受理

別刷請求先 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-2 大阪大学大学院医学系研究科医用制御工学講座画像応用治療分野 金 東石

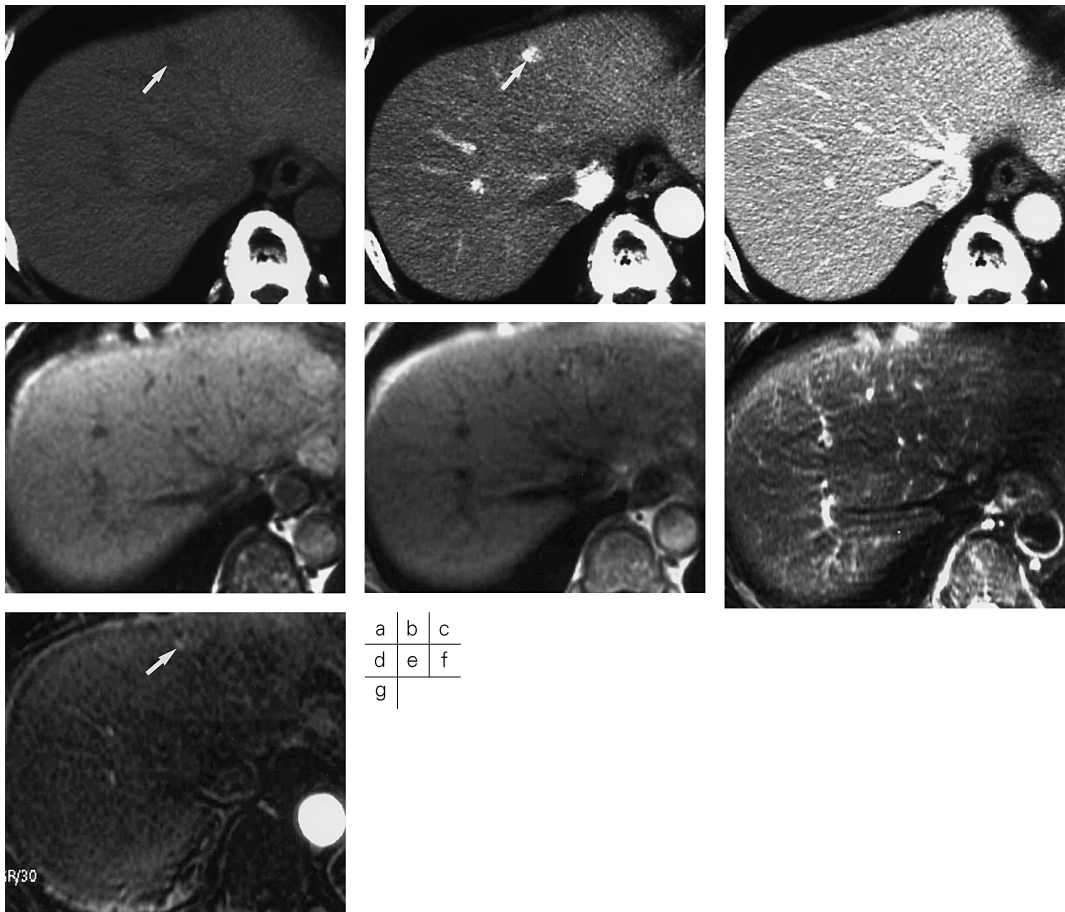


Fig. 1. A 58-year-old male with well-differentiated hepatocellular carcinoma
 a : Precontrast CT showed a small lesion of low attenuation (arrow) in the medial segment of the liver.
 b : Arterial phase CT depicted the hyper-enhancing lesion (arrow), which could be diagnosed as a hypervascular lesion. The lesion was histologically proved to be a well-differentiated hepatocellular carcinoma after surgery.
 c : Portal venous phase CT failed to depict the lesion.
 d : In-phase T₁-weighted gradient-echo MR image (TR = 150 ms/TE = 4.3 ms) failed to depict the lesion.
 e : Out-of-phase T₁-weighted gradient-echo MR image (150/2.5) failed to depict the lesion.
 f : Respiratory-triggered T₂-weighted fast spin-echo MR images (4000/80) fails to depict the lesion.
 g : Arterial phase MR image of dynamic study did not show the lesion clearly (arrow).

難となることが挙げられる。SPIO 造影 MRI は Kupffer 細胞の存在・機能に依存した検査法であり、血流異常の影響は少ないが、SPIO の取り込みのある肝細胞癌、Kupffer 細胞が残存する高分化肝細胞癌の診断が困難となる¹⁶⁾

(Fig. 2).

肝細胞癌の質的診断・病期診断・治療後の経過観察において、dynamic study は現在重要な位置を占めているが、dynamic study と SPIO 造影 MRI を組み合わせるのが効果的である。

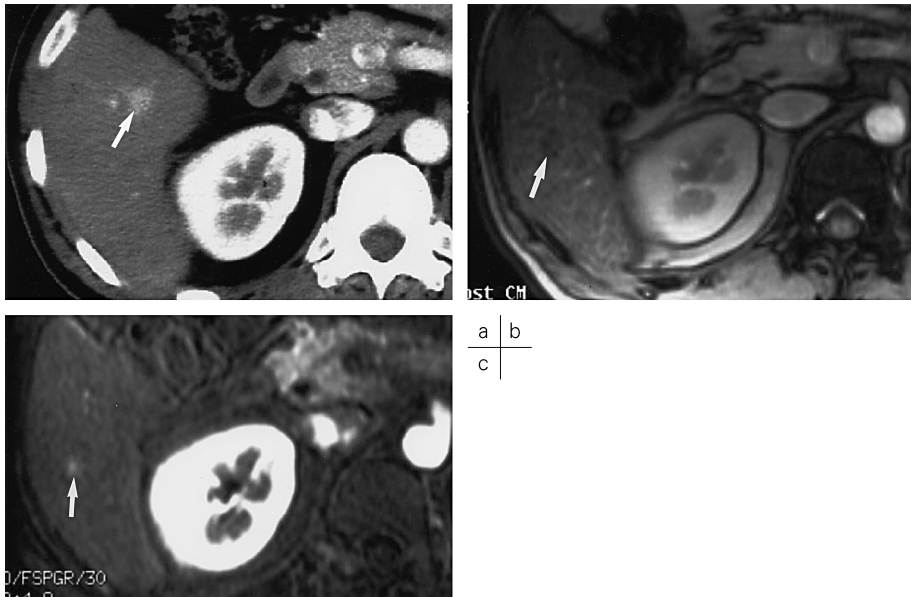


Fig. 2. A 60-year-old male with pseudo-lesion and well-differentiated hepatocellular carcinoma
a : Arterial phase CT showed a nodular hyper-enhancement (arrow) in the anterior segment of the liver, mimicking a hypervascular hepatocellular carcinoma. Because no tumor was proved in the anterior segment at any follow-up imaging examinations, the lesion was considered to be pseudo-lesion due to abnormal hemodynamics of the liver.
b : SPIO-enhanced MR image obtained six months later showed a lesion of low signal intensity (arrow) in the posterior segment. The lesion was difficult to be diagnosed as a hepatocellular carcinoma.
c : Arterial phase image of dynamic MRI shows the lesion hyper-enhancing (arrow), which could be diagnosed as a hypervascular lesion together with the SPIO-enhanced MR image. The lesion was histologically proved to be a hepatocellular carcinoma after surgery.

我々の施設の方針としては dynamic study は検査効率の優れた CT で行い、それに SPIO 造影 MRI を組み合わせるようにしている。

胆道系腫瘍の診断

胆嚢癌の診断において、胆嚢腫瘍の良悪性の鑑別には病変のサイズと形態が最も重要な情報である¹⁷⁾。胆管癌の診断においては、胆管の狭窄・閉塞部位とその原因を同定する必要がある。そのためには空間分解能に優れた超音波検査が第一選択であり、スクリーニング法としても認められている。MRI では撮像断面が任意

であり、胆嚢・胆管の長軸、短軸像による評価が可能であるため、胆嚢・胆管腫瘍の診断においては MRI の撮像断面の任意性が従来の CT に対する一つの利点であった。しかしマルチスライス CT で得られる isotropic voxel data を multiplanar reformation (MPR) で三次元画像処理を行うことにより、CT は MRI よりも高い空間分解能で、かつより自由度の高い画像再構成断面の任意性をもつようになった。また、MPR や minimum intensity projection などの三次元画像処理により cholangiography に近い画像を作成することも可能である。しかし、CT は MRI に比べて組織コントラストが低い

ため、胆石の診断能も低く、胆嚢・胆管腫瘍のコントラストについても造影 CT よりもガドリニウム造影 MRI が良好であること、胆管の描出についても MR cholangiography が優れること、さらに胆嚢腺筋腫症の診断のために重要な拡張した Rokitansky-Achoff sinus の描出も CT よりも MRI が優れる¹⁸⁾ ことなどから胆道系腫瘍の診断では CT よりも MRI が優先されるべきである。また当然、胆道系腫瘍からの肝転移の検出も CT よりも MRI の方が優れている。マルチスライス CT の大きな役割は、CT angiography による外科手術前の血管解剖・血管侵襲の評価であり、CT angiography は MR angiography よりも空間分解能に優れ、CT angiography が外科手術前評価法として、従来の侵襲的な血管造影に置き換わりつつある。

膵腫瘍の診断

膵腫瘍のうち最も臨床的に重要なのは膵癌であるが、膵癌の検出においてもやはりスクリーニング法としては超音波検査が第一選択である。超音波検査では死角があることから腫瘍マーカーの高値など臨床的に膵癌の疑いがあれば CT・MRI が行われる。膵癌の診断のためにも CT では dynamic study (多相性撮影) が行われる。膵癌は一般的に動脈性の造影が弱い hypovascular な腫瘍であるため、造影剤急速静注後、動脈経路で分布する造影剤により膵実質が最も強く造影されるタイミングである膵実質相が膵癌の検出に最も必要であると考えられている^{19), 20)}。この膵実質相は肝臓での肝細胞癌の検出のための動脈相と非常に近いタイミングである。次に膵癌からの hypovascular な肝転移の検出、リンパ節転移、腫瘍による門脈系の血管侵襲の評価のために門脈相が追加される。シングルスライス CT ではこの膵実質相と門脈相を組み合わせた dynamic study が行われ、腫瘍による動脈侵襲の評価は膵実質相で行われていた。マルチスライス CT では一回の呼

吸停止の間に上腹部を2回連続して撮影することにより、動脈のみが強く造影された動脈相と膵実質相を撮り分け、動脈相の画像を三次元処理することにより CT arteriography を作成できる。また、門脈相の画像の三次元処理により CT portography を作成できる。

CT と MRI を膵癌の診断において比較すると、膵癌の検出についてはほぼ同等²⁰⁾ と考えられ、CT の利点は優れた空間分解能が得られるために、血管侵襲の評価に優れることであり、マルチスライス CT による CT angiography は侵襲的な血管造影に置き換わるようになってきている (Fig. 3)。それに対して MRI の利点は、MRCP による膵管の評価に優れることと、また嚢胞性病変の検出・診断に優れること、さらに肝転移の検出に優れることが挙げられる。我々の施設では、まず CT が行われ、腫瘍が検出されれば CT angiography を含めた画像により手術の可能性を評価し、次に SPIO 造影 MRI により肝転移の有無を評価しており、外科手術前の血管造影は行わず、CT angiography で代用している。CT で腫瘍が検出されないが膵癌の疑いが依然強い場合には、膵管の途絶などの間接所見が唯一の所見であることもあり²¹⁾、膵管の評価を MRCP で行える。また PET と CT との比較では、2 cm を超える膵癌の検出では CT が、2 cm 未満の膵癌では PET が優れるといわれる²²⁾。よって、CT で膵癌が検出できなかった場合には、MRCP を含んだ MRI 又は PET が追加されるべきである。また CT, MRI では膵炎と膵癌の鑑別が困難な症例²³⁾ では、その鑑別のために PET を追加している²²⁾。

おわりに

医療費削減の必要性、医療費の包括化といった問題から CT・MRI の使い分けの必要性が高くなっている。マルチスライス CT の出現以降、我々の施設でも CT 検査数の増加を来した

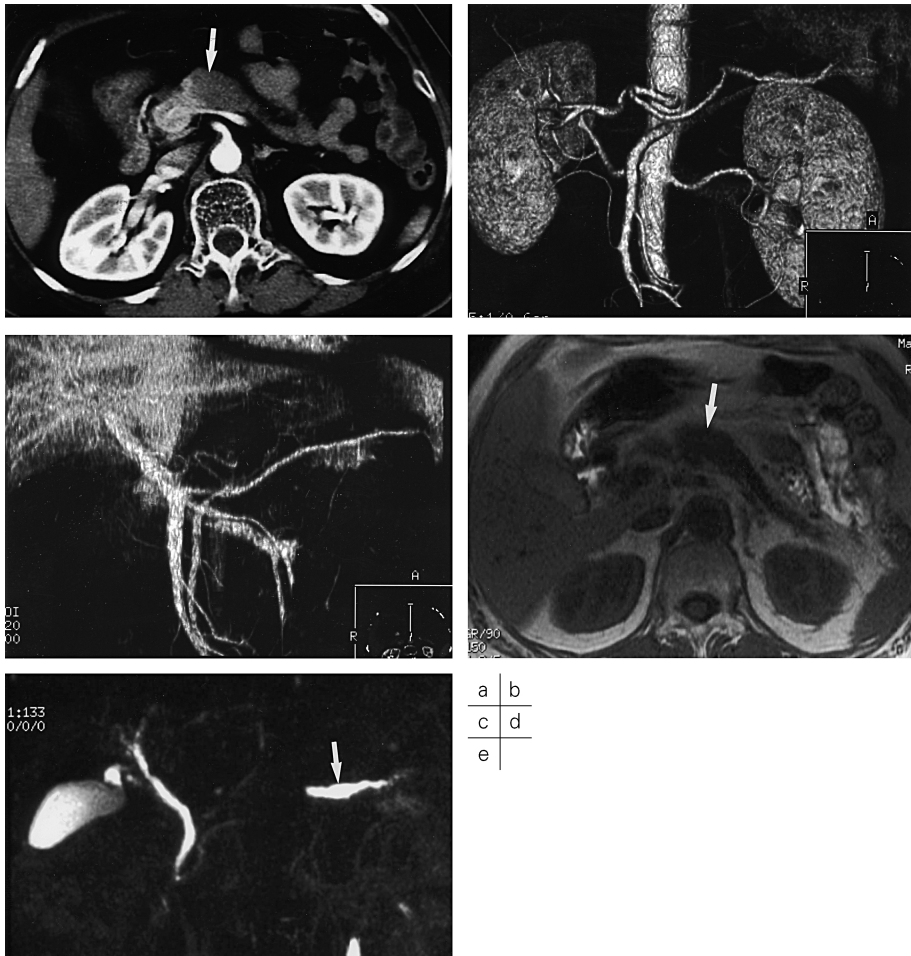


Fig. 3. A 68-years-old female with pancreatic body cancer.
 a : Pancreatic phase CT image depicted a tumor in the pancreatic body (arrow).
 b : CT arteriography obtained with arterial phase multi-slice CT images showed anatomy of abdominal arteries.
 c : CT portography obtained with portal venous phase multi-slice CT images showed anatomy of the portal system.
 d : T1-weighted gradient-echo (150/2.2) MR image also depicted the tumor (arrow).
 e : MR cholangiopancreatography showed the dilated pancreatic duct of the tail (arrow) due to obstruction by the tumor.

ている。肝・胆・膵腫瘍の外科手術前の血管マッピングのための血管造影はマルチスライスCTによるCT angiographyで代用されるようになっている。また胸部から腹部までの検査を一回の検査で行うことにより、患者の負担も減

少している。このように腹部領域でのCTの需要は減少することがない。X線被曝がないこと、造影剤の副作用が少ないことからMRIが検査としては理想的であるが、上腹部領域ではCTを中心として双補的にMRIを追加すると

というのが現状と考えられる。

文 献

- 1) Ward J, Naik KS, Guthrie JA, Wilson D, Robinson PJ : Hepatic lesion detection : comparison of MR imaging after the administration of superparamagnetic iron oxide with dual-phase CT by using alternative-free response receiver operating characteristic analysis. *Radiology* 1999 ; 210 : 459-466
- 2) Hagspiel KD, Neidl KF, Eichenberger AC, Weder W, Marincek B : Detection of liver metastases : comparison of superparamagnetic iron oxide-enhanced and unenhanced MR imaging at 1.5T with dynamic CT, intraoperative US, and percutaneous US. *Radiology* 1995 ; 196 : 471-478
- 3) Kinkel K, Lu Y, Both M, Warren RS, Thoeni RF : Detection of hepatic metastases from cancers of the gastrointestinal tract by using noninvasive imaging methods (US, CT, MR imaging, PET) : a meta-analysis. *Radiology* 2002 ; 224 : 748-756
- 4) 村上康二 : クリニカル PET FDG の臨床応用 消化器系腫瘍. *画像診断* 2003 ; 23 : 1151-1161
- 5) Teefey SA, Hildeboldt CC, Dehdashti F, et al. : Detection of primary hepatic malignancy in liver transplant candidates : prospective comparison of CT, MR imaging, US, and PET. *Radiology* 2003 ; 226 : 533-542
- 6) Kim T, Murakami T, Takahashi S, Tsuda K, Tomoda K, Narumi Y, Oi H, Sakon M, Nakamura H : Optimal phases of dynamic CT for detecting hepatocellular carcinoma : evaluation of unenhanced and triple-phase images. *Abdom Imaging* 1999 ; 24 : 473-480
- 7) Noguchi Y, Murakami T, Kim T, et al. : Detection of hepatocellular carcinoma : comparison of dynamic MR imaging with dynamic double arterial phase helical CT. *AJR* 2003 ; 180 : 455-460
- 8) Noguchi Y, Murakami T, Kim T, et al. : Detection of hypervascular hepatocellular carcinoma by dynamic magnetic resonance imaging with double-echo chemical shift in-phase and opposed-phase gradient echo technique : comparison with dynamic helical computed tomography imaging with double arterial phase. *J Comput Assist Tomogr* 2002 ; 26 : 981-987
- 9) Kim T, Murakami T, Oi H, Matsushita M, Kishimoto H, Igarashi H, Nakamura H, Okamura J : Detection of hypervascular hepatocellular carcinoma by dynamic MRI and dynamic spiral CT. *J Comput Assist Tomogr* 1995 ; 19 : 948-954
- 10) Tang Y, Yamashita Y, Arakawa A, Namimoto T, Mitsuzaki K, Abe Y, Katahira K, Takahashi M : Detection of hepatocellular carcinoma arising in cirrhotic livers : comparison of gadolinium- and ferumoxides-enhanced MR imaging. *AJR* 1999 ; 172 : 1547-1554
- 11) Hori M, Murakami T, Kim T, Tsuda K, Takahashi S, Okada A, Takamura M, Nakamura H : Detection of hypervascular hepatocellular carcinoma : comparison of SPIO-enhanced MRI with dynamic helical CT. *J Comput Assist Tomogr* 2002 ; 26 : 701-710
- 12) Kang BK, Lim JH, Kim SH, Choi D, Lim HK, Lee WJ, Lee SJ : Preoperative depiction of hepatocellular carcinoma : ferumoxides-enhanced MR imaging versus triple-phase helical CT. *Radiology* 2003 ; 226 : 79-85
- 13) Vogl TJ, Schwarz W, Blume S, et al. : Preoperative evaluation of malignant liver tumors : comparison of unenhanced and SPIO (Resovist)-enhanced MR imaging with biphasic CTAP and intraoperative US. *Eur Radiol* 2003 ; 13 : 262-272
- 14) Kim MJ, Kim JH, Chung JJ, Park MS, Lim JS, Oh YT : Focal hepatic lesions : detection and characterization with combination gadolinium- and superparamagnetic iron oxide-enhanced MR imaging. *Radiology* 2003 ; 228 : 719-726
- 15) Brancatelli G, Baron RL, Peterson MS, Marsh W : Helical CT screening for hepatocellular carcinoma in patients with cirrhosis : frequency and causes of false-positive interpretation. *AJR* 2003 ; 180 : 1007-1014
- 16) Imai Y, Murakami T, Yoshida S, et al. : Superparamagnetic iron oxide-enhanced magnetic resonance images of hepatocellular carcinoma : correlation with histological grading. *Hepatology*

- 2000 ; 32 : 205-212
- 17) Yoshimitsu K, Honda H, Kaneko K, Kuroiwa T, Irie H, Ueki T, Chijiwa K, Takenaka K, Masuda K : Dynamic MRI of the gallbladder lesions : differentiation of benign from malignant. *J Magn Reson Imaging* 1997 ; 7 : 696-701
 - 18) Yoshimitsu K, Honda H, Aibe H, Shinozaki K, Kuroiwa T, Irie H, Asayama Y, Masuda K : Radiologic diagnosis of adenomyomatosis of the gallbladder : comparative study among MRI, helical CT, and transabdominal US. *J Comput Assist Tomogr* 2001 ; 25 : 843-850
 - 19) Kim T, Murakami T, Takahashi S, Okada A, Hori M, Narumi Y, Nakamura H : Pancreatic CT imaging : effects of different injection rates and doses of contrast material. *Radiology* 1999 ; 212 : 219-225
 - 20) Sheridan MB, Ward J, Guthrie JA, Spencer JA, Craven CM, Wilson D, Guillou PJ, Robinson PJ : Dynamic contrast-enhanced MR imaging and dual-phase helical CT in the preoperative assessment of suspected pancreatic cancer : a comparative study with receiver operating characteristic analysis. *AJR* 1999 ; 173 : 583-590
 - 21) Prokesch RW, Chow LC, Beaulieu CF, Bammer R, Jeffrey RB Jr. : Isoattenuating pancreatic adenocarcinoma at multi-detector row CT : secondary signs. *Radiology* 2002 ; 224 : 764-768
 - 22) Kalra1 MK, Maher MM, Boland GW, Saini S, Fischman AJ : Correlation of positron emission tomography and CT in evaluating pancreatic tumors : technical and clinical implications. *AJR* 2003 ; 181 : 387-393
 - 23) Kim T, Murakami T, Takamura M, et al. : Pancreatic mass due to chronic pancreatitis : correlation of CT and MR imaging features with pathologic findings. *AJR* 2001 ; 177 : 367-371

Diagnosis of Hepatobiliary and Pancreatic Tumors : The Role of Multislice CT in Comparison with MRI

Tonsok KIM, Takamichi MURAKAMI, Masatoshi HORI,
Hironobu NAKAMURA

*Department of Radiology, Osaka University Graduate School of Medicine
2-2 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka 565-0871*

Multi-phasic multi-slice CT plays an important role in the diagnosis of hepatobiliary and pancreatic tumors. Although CT is inferior to MR imaging in the diagnosis of metastatic liver tumors, multi-phase CT is comparable to multi-phasic MR imaging in the diagnostic of hepatocellular carcinomas when using extra cellular gadolinium contrast material. Multi-phasic study using CT and MR imaging is useful in detecting and characterizing hyper-vascular hepatocellular carcinomas. It should be combined with MR imaging using hepato-specific contrast material such as superparamagnetic iron oxide, in order to reduce false-positive and false-negative detection. Multi-phasic CT is also comparable with MRI in the detection of pancreatic tumors. Multi-slice CT angiography with high spatial resolution is replacing conventional invasive angiography for presurgical assessment of hepatobiliary and pancreatic tumors.